

# TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

Expéditeur: le BUREAU INTERNATIONAL

PCT

## NOTIFICATION D'ELECTION

(règle 61.2 du PCT)

Destinataire:

Commissioner  
US Department of Commerce  
United States Patent and Trademark  
Office, PCT  
2011 South Clark Place Room  
CP2/5C24  
Arlington, VA 22202  
ETATS-UNIS D'AMERIQUE  
en sa qualité d'office élu

Date d'expédition (jour/mois/année)  
08 juin 2001 (08.06.01)

Demande internationale no  
PCT/FR00/02330

Référence du dossier du déposant ou du mandataire  
341211/18412

Date du dépôt international (jour/mois/année)  
17 août 2000 (17.08.00)

Date de priorité (jour/mois/année)  
20 août 1999 (20.08.99)

Déposant

BARGE, Thierry etc

1. L'office désigné est avisé de son élection qui a été faite:

☒ dans la demande d'examen préliminaire international présentée à l'administration chargée de l'examen préliminaire international le:

16 mars 2001 (16.03.01)

☐ dans une déclaration visant une élection ultérieure déposée auprès du Bureau international le:

2. L'élection ☒ a été faite

☐ n'a pas été faite

avant l'expiration d'un délai de 19 mois à compter de la date de priorité ou, lorsque la règle 32 s'applique, dans le délai visé à la règle 32.2b).

Bureau international de l'OMPI  
34, chemin des Colombettes  
1211 Genève 20, Suisse

no de télécopieur: (41-22) 740.14.35

Fonctionnaire autorisé

Henrik Nyberg

no de téléphone: (41-22) 338.83.38



## PATENT COOPERATION TREATY

From the  
INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINING AUTHORITY

To:

MARTIN, Jean-Jacques  
CABINET REGIMBEAU  
20, Rue de Chazelles  
75847 PARIS CEDEX 17  
FRANCE

**PCT**

NOTIFICATION OF TRANSMITTAL OF  
INTERNATIONAL PRELIMINARY  
EXAMINATION REPORT

(PCT Rule 71.1)



Date of mailing (day/month/year) 20.11.2001	
Applicant's or agent's file reference 341211/18412	IMPORTANT NOTIFICATION
International application No. PCT/FR00/02330	International filing date (day/month/year) 17/08/2000
Priority date (day/month/year) 20/08/1999	
Applicant S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES et al.	

1. The applicant is hereby notified that this International Preliminary Examining Authority transmits herewith the international preliminary examination report and its annexes, if any, established on the international application.
2. A copy of the report and its annexes, if any, is being transmitted to the International Bureau for communication to all the elected Offices.
3. Where required by any of the elected Offices, the International Bureau will prepare an English translation of the report (but not of any annexes) and will transmit such translation to those Offices.
4. REMINDER

The applicant must enter the national phase before each elected Office by performing certain acts (filing translations and paying national fees) within 30 months from the priority date (or later in some Offices) (Article 39(1)) (see also the reminder sent by the International Bureau with Form PCT/IB/301).

Where a translation of the international application must be furnished to an elected Office, that translation must contain a translation of any annexes to the International preliminary examination report. It is the applicant's responsibility to prepare and furnish such translation directly to each elected Office concerned.

For further details on the applicable time limits and requirements of the elected Offices, see Volume II of the PCT Applicant's Guide.

<p><b>Name and mailing address of the IPEA/</b></p> <p> European Patent Office D-80298 Munich Tel. + 49 89 2399 - 0, Tx: 523656 epmu d Fax: + 49 89 2399 - 4465</p>	<p><b>Authorized officer:</b></p> <p>Reddy, J</p> <p>Tel. +49 89 2399-2231</p> <p></p>
--	---



# PATENT COOPERATION TREATY

## PCT

### INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or Agent's file reference 341211/18412	<b>FOR FURTHER ACTION</b>	See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)
International application No. PCT/FR00/02330	International filing date (day/month/year) 17/08/2000	Priority date (day/month/year) 20/08/1999
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC H01L21/324		
Applicant  S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES et al.		

1.	This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.
2.	This REPORT consists of a total of 6 sheets including this title page.  <input checked="" type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e. sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Instruction 607 of Administrative Instructions of the PCT).  These annexes consist of a total of 2 sheets.
3.	This report contains indications relating to the following items:  <div style="margin-left: 20px;">                     I    <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report                      II   <input type="checkbox"/> Priority                      III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability                      IV  <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention                      V    <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement according to Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement                      VI  <input type="checkbox"/> Certain documents cited                      VII <input checked="" type="checkbox"/> Certain defects in the international application                      VIII <input checked="" type="checkbox"/> Certain observations on the international application                 </div>

Date of submission of the demand  16/03/2001	Date of completion of this report  20.11.2001
<b>Name and mailing address of the IPEA/</b>  <div style="display: flex; align-items: center;"> <div>                         European Patent Office                          D-80298 Munich                          Tel. +49 89 2399-0, Tx: 523656 epmu d                          Fax: +49 89 2399-4465                     </div> </div>	Authorized officer:  Bernabé Prieto, A  Telephone No. +49 89 2399 2224  <div style="text-align: right;"> </div>



PCT

AVIS INFORMANT LE DEPOSANT DE LA  
COMMUNICATION DE LA DEMANDE  
INTERNATIONALE AUX OFFICES DESIGNES

(règle 47.1.c), première phrase, du PCT)

Expéditeur: le BUREAU INTERNATIONAL

Destinataire:

MARTIN, Jean-Jacques  
Cabinet Regimbeau  
26, avenue Kléber  
F-75116 Paris  
FRANCE

ARRIVE LE

12 MARS 2001

CABINET  
REGIMBEAU

AVIS IMPORTANT

Date d'expédition (jour/mois/année) 01 mars 2001 (01.03.01)		
Référence du dossier du déposant ou du mandataire 341211/18412		
Demande internationale no PCT/FR00/02330	Date du dépôt international (jour/mois/année) 17 août 2000 (17.08.00)	Date de priorité (jour/mois/année) 20 août 1999 (20.08.99)
Déposant S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES etc		

1. Il est notifié par la présente qu'à la date indiquée ci-dessus comme date d'expédition de cet avis, le Bureau international a communiqué, comme le prévoit l'article 20, la demande internationale aux offices désignés suivants:

KR,US

Conformément à la règle 47.1.c), troisième phrase, ces offices acceptent le présent avis comme preuve déterminante du fait que la communication de la demande internationale a bien eu lieu à la date d'expédition indiquée plus haut, et le déposant n'est pas tenu de remettre de copie de la demande internationale à l'office ou aux offices désignés.

2. Les offices désignés suivants ont renoncé à l'exigence selon laquelle cette communication doit être effectuée à cette date:  
EP,JP,SG

La communication sera effectuée seulement sur demande de ces offices. De plus, le déposant n'est pas tenu de remettre de copie de la demande internationale aux offices en question (règle 49.1)a-bis)).

3. Le présent avis est accompagné d'une copie de la demande internationale publiée par le Bureau international le  
01 mars 2001 (01.03.01) sous le numéro WO 01/15215

**RAPPEL CONCERNANT LE CHAPITRE II (article 31.2)a) et règle 54.2)**

Si le déposant souhaite reporter l'ouverture de la phase nationale jusqu'à 30 mois (ou plus pour ce qui concerne certains offices) à compter de la date de priorité, la **demande d'examen préliminaire international** doit être présentée à l'administration compétente chargée de l'examen préliminaire international avant l'expiration d'un délai de 19 mois à compter de la date de priorité.

Il appartient exclusivement au déposant de veiller au respect du délai de 19 mois.

Il est à noter que seul un déposant qui est ressortissant d'un Etat contractant du PCT lié par le chapitre II ou qui y a son domicile peut présenter une demande d'examen préliminaire international.

**RAPPEL CONCERNANT L'OUVERTURE DE LA PHASE NATIONALE (article 22 ou 39.1))**

Si le déposant souhaite que la demande internationale procède en phase nationale, il doit, dans le délai de 20 mois ou de 30 mois, ou plus pour ce qui concerne certains offices, accomplir les actes mentionnés dans ces dispositions auprès de chaque office désigné ou élu.

Pour d'autres informations importantes concernant les délais et les actes à accomplir pour l'ouverture de la phase nationale, voir l'annexe du formulaire PCT/IB/301 (Notification de la réception de l'exemplaire original) et le volume II du Guide du déposant du PCT.

Bureau international de l'OMPI 34, chemin des Colombettes 1211 Genève 20, Suisse no de télécopieur (41-22) 740.14.35	Fonctionnaire autorisé J. Zahra no de téléphone (41-22) 338.83.38
---	---





**AVIS INFORMANT LE DEPOSANT DE LA COMMUNICATION DE  
LA DEMANDE INTERNATIONALE AUX OFFICES DESIGNES**

<b>Date d'expédition</b> (jour/mois/année) 01 mars 2001 (01.03.01)	<b>AVIS IMPORTANT</b>
<b>Référence du dossier du déposant ou du mandataire</b> 341211/18412	<b>Demande internationale no</b> PCT/FR00/02330
<p>Il est notifié au déposant que, au moment de l'établissement du présent avis, le délai fixé à la règle 46.1 pour le dépôt de modifications selon l'article 19 n'était pas encore expiré et que le Bureau international n'avait pas reçu de modifications ni de déclaration l'informant que le déposant ne souhaitait pas présenter de modifications.</p>	



**I. Basis of the report**

1. This report has been drawn up on the basis of the following elements *(the replacement sheets received by the receiving office in response to an invitation according to Article 14 are considered in the present report as "originally filed" and are not annexed to the report as they contain no amendments (Rules 70.16 and 70.17).):*

**Description, pages:**

1-23 as originally filed

**Claims, No.:**

1-13 received with the fax of 26/10/2001

**Drawings, sheets:**

1/5-5/5 as originally filed

2. With regard to the **language**, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item.

These elements were available or furnished to this Authority in the following language which is:

- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)).
- ☐ the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)).
- ☐ the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

3. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

- ☐ contained in the international application in written form.
- ☐ filed together with the international application in computer readable form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in written form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.
- ☐ The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.
- ☐ The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.



4. The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages:
- ☐ the claims, Nos.:
- ☐ the drawings, sheets/fig:

5. ☐ This report has been written disregarding (some of) the amendments, which were considered as going beyond the description of the invention, as filed, as is indicated below (Rule 70.2(c)):

*(All replacement sheets comprising amendments of this nature should be indicated in point 1 and attached to this report).*

6. Additional observations, if necessary:

**V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement**

1. Statement

Novelty	Yes:	Claims	4-8, 13
	No:	Claims	1-3, 9-12
Inventive Step	Yes:	Claims	
	No:	Claims	1-13
Industrial Applicability	Yes:	Claims	1-13
	No:	Claims	

2. Citations and explanations  
**see separate sheet**

**VII. Certain defects in the international application**

The following defects in the form or contents of the international application have been noted:  
**see separate sheet**

**VIII. Certain observations in the international application**

The following observations on the clarity of the claims, descriptions, and drawings or on the question whether the claims are fully supported by the description, are made:  
**se separate sheet**



The following communication refers to points I-VIII of the title sheet for which the corresponding boxes have been crossed.

- 1 Reference is made to the following documents:

D1: MORICEAU H ET AL: 'HYDROGEN ANNEALING TREATMENT USED TO OBTAIN HIGH QUALITY SOI SURFACES' ANNUAL IEEE INTERNATIONAL SILICON-ON-INSULATOR CONFERENCE, US, NEW YORK, NY: IEEE, vol. CONF. 24, 1998, pages 37-38.

D2: EP-A-0 917 188 (SHINETSU HANDOTAI KK) 19 May 1999 (1999-05-19) cited in the application.

D3: US-A-5 589 422 (cited by the Examiner; a copy has been attached)

D4: FR-A-2 761 526 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 2 October 1998 (1998-10-02) cited in the application

D5 FR-A-2 777 115 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 8 October 1999 (1999-10-08)

2. The present application does not satisfy the conditions laid out in Article 6 PCT, since claims 1 and 9 are not clear.

- 2.1 In claim 1, it is not clear either which substrate/working layer (oxide, metal, semiconductor, silicon ?) is treated, or what the components are (mechanical, electronic ?) or what the polishing is (mechano-chemical, with glass paper ?). Since claim 1 does not clearly define these elements, it does not clearly define the subject matter or the technical effect of the process.

Furthermore, it is clear from the description (see pages 12-13) that the process concerns an SOI substrate formed by the Smartcut® technique, the annealing under hydrogen being to overcome the effects produced on the surface of the working layer by this technique. This inconsistency between the description as a whole and the independent claim entails a lack of clarity of the subject matter of the independent claim.

- 2.2 The definition of the Smartcut® process in claim 9 is neither clear nor based on the description (Article 6 PCT). Furthermore, it does not satisfy the conditions of Article 5 PCT.

3. The present application does not satisfy the conditions laid out in Article 33(2) PCT since the subject matter of claims 1-3 and 9-12, insofar as they can be understood, are not novel with regard to the content of document D1 (cf. page 37: "Introduction", last three lines; "Experimental Procedure") which describes





a process for treating substrates (cf. page 37: "Experimental Procedure, ...") (line 1) for the microelectronics or optoelectronics, the process comprising a layer of silicon formed by Unibond® (line 1) on at least one of their faces, this process comprising a step of mechano-chemical polishing (line 1: "... as before final touch polishing, ...") on the free surface of the layer, a step of annealing under an atmosphere comprising hydrogen (line 3: "Hydrogen anneals ...") performed over less than thirty seconds (cf. line 4: "... up to 1 hour ...") and between 1100°C and 1300°C (line 4) before the polishing step (line 1: "... as before final touch polishing, ...").

In this regard, it should be noted that document D1 describes (see lines 17-30) that a large amount of wells may be formed at the surface by this process, and as such a subsequent polishing to obtain the required quality must implicitly be carried out (Article 33(2) PCT and, henceforth, Article 33(3) PCT).

Consequently, the subject matter of claims 1-3 and 9-12 does not satisfy the conditions laid out in Article 33(2) PCT.

4. Henceforth point 3 above, the present application does not satisfy the conditions laid out in Article 33(3) PCT, since the subject matter of claim 1, insofar as it can be understood, does not involve an inventive step with regard to the content of document D2 (see column 2, line 43 to column 4, line 18; column 7, lines 5-30), the subject matter of claim 1 of which differs only in that the mechano-chemical polishing is carried out after the annealing under hydrogen, instead of before. This, henceforth, is merely an obvious design option for a person skilled in the art, who, according to the method used to create the working layer of the SOI substrate (e.g. use of the Smartcut® method, which is known per se and desirable), would carry out the polishing before or after the annealing, and as such he would not involve an inventive step. It should be noted in this regard that the subject matter of the claims does not exclude annealing operations under hydrogen subsequent to the mechano-chemical polishing step.

Consequently, the subject matter of claim 1 does not satisfy the conditions laid out in Article 33(3) PCT.

5. The dependent claims 2-3 (henceforth point 3 above), 4-8 and 12-13, insofar



---

as they can be understood, do not contain any additional characteristic which, in combination with the subject matter of any one of the claims on which they are dependent, would involve an inventive step (Article 33(3) PCT).

In particular: the additional technical characteristics of claims 2-3 and 13 are already known from document D2 (cf. descriptive abstract; column 1, lines 26-46; column 2, line 43 to column 3, line 46); those of claims 4-7 of document D3 (cf. column 7, line 50 to column 8, line 63) and those of claim 8 of document D4 (cf. pages 4-5), being obvious to a person skilled in the art to use the teaching of these documents to arrive at the subject matter of one of these claims.

Consequently, the subject matter of claims 2-3 (henceforth point 3 above), 4-8 and 12-13 does not satisfy the conditions laid out in Article 33(3) PCT.

6. Contrary to the requirements of Rule 5.1 a) ii) PCT, the description does not indicate the relevant prior art outlined in documents D1-D5 and does not cite these documents.
7. The presentation in two parts of the independent claim 1 is incorrect. As provided for by rule 6.3 b) PCT, the combination of known characteristics of the prior art must be featured in the preamble (Rule 6.3 b) i) PCT) and the remaining characteristics in the characterizing part (Rule 6.3 b) ii) PCT).



Expéditeur: L'ADMINISTRATION CHARGÉE DE  
L'EXAMEN PRELIMINAIRE INTERNATIONAL

10/049058  
ECLP/1018412

Destinataire:

MARTIN, Jean-Jacques  
CABINET REGIMBEAU  
20, Rue de Chazelles  
75847 PARIS CEDEX 17  
FRANCE

PCT

NOTIFICATION DE TRANSMISSION DU  
RAPPORT D'EXAMEN PRELIMINAIRE  
INTERNATIONAL

(règle 71.1 du PCT)

Date d'expédition  
(jour/mois/année) 20.11.2001

Référence du dossier du déposant ou du mandataire  
341211/18412

NOTIFICATION IMPORTANTE

Demande internationale No.  
PCT/FR00/02330

Date du dépôt international (jour/mois/année)  
17/08/2000

Date de priorité (jour/mois/année)  
20/08/1999

Déposant

S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES et al.

1. Il est notifié au déposant que l'administration chargée de l'examen préliminaire international a établi le rapport d'examen préliminaire international pour la demande internationale et le lui transmet ci-joint, accompagné, le cas échéant, de ces annexes.
2. Une copie du présent rapport et, le cas échéant, de ses annexes est transmise au Bureau international pour communication à tous les offices élus.
3. Si tel ou tel office élu l'exige, le Bureau international établira une traduction en langue anglaise du rapport (à l'exclusion des annexes de celui-ci) et la transmettra aux offices intéressés.

4. **RAPPEL**

Pour aborder la phase nationale auprès de chaque office élu, le déposant doit accomplir certains actes (dépôt de traduction et paiement des taxes nationales) dans le délai de 30 mois à compter de la date de priorité (ou plus tard pour ce qui concerne certains offices) (article 39.1) (voir aussi le rappel envoyé par le Bureau international dans le formulaire PCT/IB/301).

Lorsqu'une traduction de la demande internationale doit être remise à un office élu, elle doit comporter la traduction de toute annexe du rapport d'examen préliminaire international. Il appartient au déposant d'établir la traduction en question et de la remettre directement à chaque office élu intéressé.

Pour plus de précisions en ce qui concerne les délais applicables et les exigences des offices élus, voir le Volume II du Guide du déposant du PCT.

Nom et adresse postale de l'administration chargée de l'examen  
préliminaire international



Office européen des brevets  
D-80298 Munich  
Tél. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d  
Fax: +49 89 2399 - 4465

Fonctionnaire autorisé

Reddy, J

Tél.+49 89 2399-2231







## PCT

## RAPPORT D'EXAMEN PRELIMINAIRE INTERNATIONAL

(article 36 et règle 70 du PCT)

Référence du dossier du déposant ou du mandataire 341211/18412	<b>POUR SUITE A DONNER</b> voir la notification de transmission du rapport d'examen préliminaire international (formulaire PCT/IPEA/416)	
Demande internationale n° PCT/FR00/02330	Date du dépôt international (jour/mois/année) 17/08/2000	Date de priorité (jour/mois/année) 20/08/1999
Classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois classification nationale et CIB H01L21/324		
Déposant S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES et al.		
<p>1. Le présent rapport d'examen préliminaire international, établi par l'administration chargée de l'examen préliminaire international, est transmis au déposant conformément à l'article 36.</p> <p>2. Ce RAPPORT comprend 6 feuilles, y compris la présente feuille de couverture.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Il est accompagné d'ANNEXES, c'est-à-dire de feuilles de la description, des revendications ou des dessins qui ont été modifiées et qui servent de base au présent rapport ou de feuilles contenant des rectifications faites auprès de l'administration chargée de l'examen préliminaire international (voir la règle 70.16 et l'instruction 607 des Instructions administratives du PCT).</p> <p>Ces annexes comprennent 2 feuilles.</p>		
<p>3. Le présent rapport contient des indications relatives aux points suivants:</p> <p>I <input checked="" type="checkbox"/> Base du rapport</p> <p>II <input type="checkbox"/> Priorité</p> <p>III <input type="checkbox"/> Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle</p> <p>IV <input type="checkbox"/> Absence d'unité de l'invention</p> <p>V <input checked="" type="checkbox"/> Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration</p> <p>VI <input type="checkbox"/> Certains documents cités</p> <p>VII <input checked="" type="checkbox"/> Irrégularités dans la demande internationale</p> <p>VIII <input checked="" type="checkbox"/> Observations relatives à la demande internationale</p>		
Date de présentation de la demande d'examen préliminaire internationale 16/03/2001	Date d'achèvement du présent rapport 20.11.2001	
Nom et adresse postale de l'administration chargée de l'examen préliminaire international:  Office européen des brevets D-80298 Munich Tél. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Fonctionnaire autorisé Bernabé Prieto, A N° de téléphone +49 89 2399 2224 	





**I. Base du rapport**

1. En ce qui concerne les **éléments** de la demande internationale (*les feuilles de remplacement qui ont été remises à l'office récepteur en réponse à une invitation faite conformément à l'article 14 sont considérées dans le présent rapport comme "initialement déposées" et ne sont pas jointes en annexe au rapport puisqu'elles ne contiennent pas de modifications (règles 70.16 et 70.17)*):

**Description, pages:**

1-23                      version initiale

**Revendications, N°:**

1-13                      reçue(s) avec télécopie du              26/10/2001

**Dessins, feuilles:**

1/5-5/5                      version initiale

2. En ce qui concerne la **langue**, tous les éléments indiqués ci-dessus étaient à la disposition de l'administration ou lui ont été remis dans la langue dans laquelle la demande internationale a été déposée, sauf indication contraire donnée sous ce point.

Ces éléments étaient à la disposition de l'administration ou lui ont été remis dans la langue suivante: , qui est :

- ☐ la langue d'une traduction remise aux fins de la recherche internationale (selon la règle 23.1(b)).
- ☐ la langue de publication de la demande internationale (selon la règle 48.3(b)).
- ☐ la langue de la traduction remise aux fins de l'examen préliminaire internationale (selon la règle 55.2 ou 55.3).

3. En ce qui concerne les **séquences de nucléotides ou d'acide aminés** divulguées dans la demande internationale (le cas échéant), l'examen préliminaire internationale a été effectué sur la base du listage des séquences :

- ☐ contenu dans la demande internationale, sous forme écrite.
- ☐ déposé avec la demande internationale, sous forme déchiffrable par ordinateur.
- ☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme écrite.
- ☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme déchiffrable par ordinateur.
- ☐ La déclaration, selon laquelle le listage des séquences par écrit et fourni ultérieurement ne va pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée, a été fournie.
- ☐ La déclaration, selon laquelle les informations enregistrées sous déchiffrable par ordinateur sont identiques à celles du listage des séquences Présenté par écrit, a été fournie.

4. Les modifications ont entraîné l'annulation :



- ☐ de la description, pages :  
☐ des revendications, n°s :  
☐ des dessins, feuilles :

5. ☐ Le présent rapport a été formulé abstraction faite (de certaines) des modifications, qui ont été considérées comme allant au-delà de l'exposé de l'invention tel qu'il a été déposé, comme il est indiqué ci-après (règle 70.2(c)) :

*(Toute feuille de remplacement comportant des modifications de cette nature doit être indiquée au point 1 et annexée au présent rapport)*

6. Observations complémentaires, le cas échéant :

**V. Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration**

1. Déclaration

Nouveauté	Oui : Revendications 4-8, 13 Non : Revendications 1-3, 9-12
Activité inventive	Oui : Revendications Non : Revendications 1-13
Possibilité d'application industrielle	Oui : Revendications 1-13 Non : Revendications

2. Citations et explications  
**voir feuille séparée**

**VII. Irrégularités dans la demande internationale**

Les irrégularités suivantes, concernant la forme ou le contenu de la demande internationale, ont été constatées :  
**voir feuille séparée**

**VIII. Observations relatives à la demande internationale**

Les observations suivantes sont faites au sujet de la clarté des revendications, de la description et des dessins et de la question de savoir si les revendications se fondent entièrement sur la description :  
**voir feuille séparée**



**La communication suivante fait référence aux points I-VIII de la feuille de titre dont les cases correspondantes aient été marquées.**

1 Il est fait référence aux documents suivants:

D1: MORICEAU H ET AL: 'HYDROGEN ANNEALING TREATMENT USED TO OBTAIN HIGH QUALITY SOI SURFACES' ANNUAL IEEE INTERNATIONAL SILICON-ON-INSULATOR CONFERENCE,US,NEW YORK, NY: IEEE, vol. CONF. 24, 1998, pages 37-38.

D2: EP-A-0 917 188 (SHINETSU HANDOTAI KK) 19 mai 1999 (1999-05-19) cité dans la demande.

D3: US-A-5 589 422(cité par l'examinateur; une copie a été jointe)

D4: FR-A-2 761 526 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 2 octobre 1998 (1998-10-02) cité dans la demande

D5: FR-A-2 777 115 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 8 octobre 1999 (1999-10-08)

2 La présente demande ne remplit pas les conditions énoncées à l'article 6 PCT, la revendications 1 et 9 n'étant pas claires.

2.1 Dans la revendication 1, il n'est clair ni quel est le substrat/couche utile (oxyde, métal, semi-conducteur, silicium ?) traité, ni les composants (mécaniques, électroniques ?), ni le polissage (mécano-chimique, avec papier de verre ?). La revendication 1, ne définissant pas clairement ces éléments, ne définit pas de façon claire quel est l'objet ni l'effet technique du procédé.  
De plus, il est clair de la description (voir pages 12-13) que le procédé concerne un substrat SOI formé par la technique Smartcut®, le recuit sous hydrogène étant pour surmonter les effets produits sur la surface de la couche utile par cette technique. Cette inconsistance entre l'ensemble de la description et la revendication indépendante, entraîne une manque de clarté de l'objet de la revendication indépendante.

2.2 La définition du procédé Smartcut® de la revendication 9 n'est ni claire ni fondée sur la description (article 6 PCT). De plus, elle ne remplit pas les conditions de



l'article 5 PCT.

- 3 La présente demande ne remplit pas les conditions énoncées à l'article 33(2) PCT, l'objet des revendications 1-3, 9-12, dans la mesure où elles peuvent être comprises, n'étant pas nouveau eu égard au contenu du document D1 (cf. page 37: "Introduction", dernières trois lignes; "Experimental Procedure") qui décrit un procédé de traitement de substrats (cf. page 37: "Experimental Procedure, ...") (ligne 1) pour la micro-électronique ou l'opto-électronique, le procédé comportant une couche en silicium formée par Unibond® (ligne 1) sur au moins une de leurs faces, ce procédé comprenant une étape de polissage mécano-chimique (ligne 1: "..., as before final touch polishing, ...") sur la surface libre de la couche, une étape de recuit sous atmosphère comprenant de l'hydrogène (ligne 3: "Hydrogen anneals ...") réalisée en moins de trente secondes (cf. ligne 4: "... up to 1 hour ...") et entre 1100°C et 1300°C (ligne 4) avant l'étape de polissage (ligne 1: "..., as before final touch polishing, ...").

A cet égard il faut noter que le document D1 décrit (voir lignes 17-30) qu'une grande quantité de puits peut être formée à la surface par ce procédé, pour ce qui un polissage ultérieur pour obtenir la qualité nécessaire doit être implicitement effectué (article 33(2) PCT et, désormais, article 33(3) PCT).

Par conséquent, l'objet des revendications 1-3, 9-12 ne remplit pas les conditions énoncées à l'article 33(2) PCT.

- 4 Désormais le point 3, ci-dessus, la présente demande ne remplit pas les conditions énoncées à l'article 33(3) PCT, l'objet de la revendication 1, dans la mesure où elle peut être comprise, n'impliquant pas d'activité inventive eu égard au contenu du document D2 (voir colonne 2, ligne 43 à colonne 4, ligne 18; colonne 7, lignes 5-30), dont l'objet de la revendication 1 ne diffère qu'en ce que le polissage mécano-chimique est effectué après le recuit sous hydrogène, au lieu d'avant. Ceci, désormais n'est qu'une option évidente de design pour la personne du métier, laquelle, selon la méthode utilisée pour créer la couche utile du substrat SOI (e. g. utilisation de la méthode Smartcut®, en soi bien connue et souhaitable) effectuerait le polissage avant ou après le recuit, pour ce qu'elle n'emploierait pas d'activité inventive. Il faut noter à cet égard que l'objet des





revendications n'exclut pas des recuits sous hydrogène ultérieurs à l'étape de polissage-mécano-chimique.

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 ne remplit pas les conditions énoncées à l'article 33(3) PCT.

- 5 Les revendications dépendantes 2-3 (désormais le point 3 ci-dessus), 4-8 et 12-13, dans la mesure où elle peuvent être comprises, ne contiennent aucune caractéristique supplémentaire qui, en combinaison avec l'objet de l'une quelconque des revendications dont elles dépendent, impliquerait une activité inventive (article 33(3) PCT).

En particulier: les caractéristiques techniques additionnelles des revendications 2-3 et 13 sont déjà connues du document D2 (cf. abrégé descriptif; colonne 1, lignes 26-46; colonne 2, ligne 43 à colonne 3, ligne 46); celles des revendications 4-7, du document D3 (cf. colonne 7, ligne 50 à colonne 8, ligne 63) et celles de la revendication 8, du document D4 (cf. pages 4-5), étant évident pour l'homme du métier d'utiliser l'enseignement de ces documents pour arriver à l'objet de l'une de ces revendications.

Par conséquent, l'objet des revendications 2-3 (désormais le point 3 ci-dessus), 4-8 et 12-13 ne remplit pas les conditions énoncées à l'article 33(3) PCT.

- 6 Contrairement à ce qu'exige la règle 5.1 a) ii) PCT, la description n'indique pas l'état de la technique antérieure pertinent exposé dans les documents D1-D5 et ne cite pas ces documents.
- 7 La présentation en deux parties de la revendications indépendante 1 est incorrecte. Comme prévu par la règle 6.3 b) PCT, les caractéristiques connues en combinaison de l'état de la technique doivent figurer dans le préambule (règle 6.3 b) i) PCT) et les caractéristiques restantes dans la partie caractérisante (règle 6.3 b) ii) PCT).



## REVENDEICATIONS

1. Procédé de traitement de substrats (50) pour la micro-électronique ou l'opto-électronique, comportant sur au moins une de leurs faces une couche utile (52) dans laquelle des composants sont destinés à être formés, ce  
5      procédé comprenant une étape de polissage mécano-chimique sur la surface libre (54) de la couche utile (52), caractérisé en ce qu'il comprend en outre, une étape de recuit sous atmosphère réductrice (100, 100A, 100B, 100C, 101D, 102D), avant l'étape de polissage (200, 200A, 200B, 200C, 200D).
- 10      2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape de recuit sous atmosphère réductrice est réalisée en moins de trois minutes, préférentiellement en moins de soixante secondes et plus préférentiellement encore en moins de trente secondes.
- 15      3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape de recuit sous atmosphère réductrice est réalisée à une température comprise entre 1100° C et 1300° C, et préférentiellement entre 1200° C et 1230° C.
- 20      4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte en outre, subséquemment à l'étape de polissage (200, 200A, 200B, 200C, 200D), une étape d'oxydation (310A, 312B, 312C) de la couche utile (52) sur au moins une partie de son épaisseur.
- 25      5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte en outre, précédemment à l'étape de polissage (200, 200A, 200B, 200C, 200D), une étape d'oxydation (311B, 311C) de la couche utile (52) sur au moins une partie de son épaisseur.
- 30      6. Procédé selon l'une des revendications 4 et 5, caractérisé en ce qu'il comporte en outre au moins une étape (330A, 331B, 332B, 331C, 332C) d'enlèvement d'oxyde.
- 30      7. Procédé selon l'une des revendications 4 à 6, caractérisé en ce qu'il comprend en outre au moins une étape de traitement thermique (320A, 321B, 322B, 321C, 322C), l'étape d'oxydation de la couche utile (52) étant réalisée



avant la fin de chaque étape de traitement thermique (320A, 321B, 322B, 321C, 322C), pour protéger le reste de la couche utile (52).

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une étape de recuit sous atmosphère réductrice (102D) subséquente à l'étape de polissage (200, 200A, 200B, 200C, 200D).

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'implantation d'atomes sous une face d'une plaque, dans une zone d'implantation, une étape de mise en contact intime de la face de la plaque, ayant subi l'implantation avec un substrat support et une étape de clivage de la plaque au niveau de la zone d'implantation, pour transférer une partie de la plaque sur le substrat support et former un film mince ou une couche mince sur celui-ci, ce film mince ou cette couche mince, constituant la couche utile (52) subissant ensuite les étapes de recuit sous atmosphère réductrice (100, 100A, 100B, 100C, 101D, 102D) et de polissage (200, 200A, 200B, 200C, 200D).

10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couche utile (52) est constituée d'un semi-conducteur.

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que le semi-conducteur est du silicium.

12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'atmosphère réductrice comprend de l'hydrogène.

13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'atmosphère réductrice comprend de l'argon.



## PCT

4

Translation

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

10/069058

Applicant's or agent's file reference 341211/18412	<b>FOR FURTHER ACTION</b> See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/FR00/02330	International filing date (day/month/year) 17 August 2000 (17.08.00)	Priority date (day/month/year) 20 August 1999 (20.08.99)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC H01L 21/324		
Applicant S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES		

<p>1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.</p> <p>2. This REPORT consists of a total of <u>6</u> sheets, including this cover sheet.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).</p> <p>These annexes consist of a total of <u>2</u> sheets.</p>	
<p>3. This report contains indications relating to the following items:</p> <p>I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report</p> <p>II <input type="checkbox"/> Priority</p> <p>III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability</p> <p>IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention</p> <p>V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement</p> <p>VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited</p> <p>VII <input checked="" type="checkbox"/> Certain defects in the international application</p> <p>VIII <input checked="" type="checkbox"/> Certain observations on the international application</p>	

Date of submission of the demand 16 March 2001 (16.03.01)	Date of completion of this report 20 November 2001 (20.11.2001)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.





**I. Basis of the report**

1. This report has been drawn on the basis of (*Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.*):

- ☒ the international application as originally filed.
- ☐ the description, pages 1-23, as originally filed,  
pages \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,  
pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.
- ☐ the claims, Nos. \_\_\_\_\_, as originally filed,  
Nos. \_\_\_\_\_, as amended under Article 19,  
Nos. \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
Nos. 1-13, filed with the letter of 26 October 2001 (26.10.2001),  
Nos. \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.
- ☐ the drawings, sheets/fig 1/5-5/5, as originally filed,  
sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,  
sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages \_\_\_\_\_
- ☐ the claims, Nos. \_\_\_\_\_
- ☐ the drawings, sheets/fig \_\_\_\_\_

3. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

4. Additional observations, if necessary:



## V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

## 1. Statement

Novelty (N)	Claims	4-8, 13	YES
	Claims	1-3, 9-12	NO
Inventive step (IS)	Claims		YES
	Claims	1-13	NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-13	YES
	Claims		NO

## 2. Citations and explanations

## 1. Reference is made to the following documents:

D1: MORICEAU H ET AL: 'HYDROGEN ANNEALING TREATMENT USED TO OBTAIN HIGH QUALITY SOI SURFACES' ANNUAL IEEE INTERNATIONAL SILICON-ON-INSULATOR CONFERENCE, US, NEW YORK, NY: IEEE, vol. CONF. 24, 1998, pages 37-38.

D2: EP-A-0 917 188 (SHINETSU HANDOTAI KK) 19 May 1999 (1999-05-19) cited in the application

D3: US-A-5 589 422 (cited by the examiner; a copy has been attached)

D4: FR-A-2 761 526 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 2 October 1998 (1998-10-02) cited in the application

D5: FR-A-2 777 115 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 8 October 1999 (1999-10-08)

2. The present application does not meet the requirements of PCT Article 6, since Claims 1 and 9 are unclear.

2.1 In Claim 1, the following items are unclear: which is the useful treated substrate/layer (oxide, metal, semiconductor, silicon ?), the components



(mechanical, electronic ?) and the polishing (mechanochemical, with sandpaper ?). As Claim 1 does not clearly define these features, it does not clearly define the subject matter or the technical effect of the method.

Moreover, it is clear from the description (see pages 12-13) that the method concerns an SOI substrate formed by the Smartcut® technique, with the purpose of the hydrogen annealing being to overcome the effects produced by said technique on the surface of the useful layer. This inconsistency between the description as a whole and the independent claim leads to a lack of clarity of the subject matter of the independent claim.

2.2 The definition of the Smartcut® method of Claim 9 is unclear and is not supported by the description (PCT Article 6). Moreover, it does not meet the requirement of PCT Article 5.

3. The present application does not meet the requirement of PCT Article 33(2), since the subject matter of Claims 1-3 and 9-12, insofar as these claims can be understood, is not novel over the content of document D1 (cf. page 37: "Introduction", last three lines; "Experimental Procedure") which describes a method for treating substrates (cf. page 37: "Experimental Procedure, ...") (line 1) for microelectronics or optoelectronics; the method comprises a silicon layer formed by Unibond® (line 1) on at least one of the substrate surfaces; said method includes a mechanochemical polishing operation (line 1: "..., as before final touch polishing, ...") on the free surface of the layer, an annealing operation in an atmosphere containing



hydrogen (line 3: "Hydrogen anneals ...") carried out in less than thirty seconds (cf. line 4: "... up to 1 hour ...") and between 1100°C and 1300°C (line 4) before polishing (line 1: "..., as before final touch polishing, ...").

In this regard, it should be noted that document D1 indicates (see lines 17-30) that a large number of sinks may be formed at the surface by this method, which implies that subsequent polishing has to be carried out in order to obtain the necessary quality (PCT Article 33(2) and, thus PCT Article 33(3)).

Therefore, the subject matter of Claims 1-3 and 9-12 does not meet the requirement of PCT Article 33(2).

4. Thus, in view of the above point 3, the present application does not meet the requirement of PCT Article 33(3), since the subject matter of Claim 1, insofar as it can be understood, does not involve an inventive step with regard to the content of document D2 (see column 2, line 43 to column 4, line 18; column 7, lines 5-30), from which the subject matter of Claim 1 differs only in that the mechanochemical polishing is carried out after the hydrogen annealing, rather than before. This is therefore merely an obvious design option for a person skilled in the art, who, according to the method used to create the useful SOI substrate layer (e.g. use of the Smartcut® method, which, *per se*, is well known and desirable) would carry out the polishing before or after the annealing, which would not involve an inventive step. It should be noted that, in this regard, the subject matter of the





claims does not exclude hydrogen annealings subsequent to the mechanochemical polishing step.

Therefore, the subject matter of Claim 1 does not meet the requirements of PCT Article 33(3).

5. Dependent Claims 2-3 (see point 3, above), 4-8 and 12-13, insofar as they can be understood, do not contain any additional features that, in combination with the subject matter of any one of the claims on which they are dependent, would involve an inventive step (PCT Article 33(3)).

In particular: the additional technical features of Claims 2-3 and 13 are already known from document D2 (cf. abstract of the description; column 1, lines 26-46; column 2, line 43 to column 3, line 46); those of Claims 4-7 from document D3 (cf. column 7, line 50 to column 8, line 63) and those of Claim 8 from document D4 (cf. pages 4-5), and it is obvious for a person skilled in the art to use the teaching of said documents to arrive at the subject matter of one of said claims.

Therefore, the subject matter of Claims 2-3 (see point 3, above), 4-8 and 12-13 does not meet the requirements of PCT Article 33(3).

6. Contrary to the requirement of PCT Rule 5.1(a)(ii), the relevant prior art disclosed in documents D1-D5 has not been indicated in the description, nor have these documents been cited.
7. The two-part form of independent Claim 1 is incorrect. As stipulated by PCT Rule 6.3(b), the



features known in combination from the prior art should appear in the preamble (PCT Rule 6.3(b)(i)), and the remaining features should appear in the characterizing part (PCT Rule 6.3(b)(ii)).



# PROCEDE DE TRAITEMENT DE SUBSTRATS POUR LA MICRO-ELECTRONIQUE ET SUBSTRATS OBTENUS PAR CE PROCEDE.

L'invention concerne le domaine des procédés de traitement de substrats destinés à la fabrication de composants pour la micro-électronique et/ou pour  
5 l'opto-électronique.

L'invention porte également sur les substrats obtenus par ce procédé.

Plus précisément, l'invention concerne le domaine des procédés de traitement de substrats entièrement semi-conducteurs (par exemple de silicium) ou entièrement isolants, ou bien encore constitués d'un empilement de couches  
10 semi-conductrices ou isolantes. Il peut s'agir de substrats sur lesquels est déposée une couche (par exemple épitaxiale) ou encore de substrats comprenant des structures non homogènes, tels que des substrats comprenant des composants ou des parties de composants à des niveaux plus ou moins avancés de leur élaboration.

15 Il existe sur une certaine profondeur à partir de la surface d'au moins une face de ces substrats, une couche de matériau entrant, au moins en partie, dans la constitution des composants réalisés sur cette face. Pour la suite, cette couche sera désignée par l'expression "couche utile".

La qualité de cette couche utile conditionne celle des composants. Des  
20 recherches sont constamment effectuées pour améliorer la qualité de cette couche utile. Ainsi, on cherche aussi bien à diminuer la rugosité de surface de cette couche utile, qu'à réduire la concentration de défauts dans l'épaisseur de celle-ci.

Il est connu que l'on peut utiliser des méthodes de polissage mécano-  
25 chimique pour réduire la rugosité de surface de la couche utile.

Il est aussi connu que l'on peut utiliser des techniques de polissage mécano-chimique pour réduire la concentration de certains défauts dans la couche utile, lorsqu'il existe un gradient de concentration de ces défauts, croissant en direction de la surface de celle-ci. Dans ce cas, le polissage  
30 mécano-chimique permet d'abaser la couche utile jusqu'aux zones, situées en profondeur par rapport à la surface initiale de la couche utile, présentant une concentration de ces défauts acceptable.

Cependant, il est aussi connu que le polissage mécano-chimique engendre une dégradation de certaines propriétés de la couche utile et une diminution de la capacité de production de substrats ( FR 2 762 136 et FR 2 761 526).

5 Il a alors été proposé de remplacer le polissage mécano-chimique, en particulier lorsque la couche utile est constituée de silicium, par un recuit dans une atmosphère hydrogénée (FR 2 762 136 et FR 2 761 526). Un recuit sous atmosphère hydrogénée, de substrats comprenant une couche utile constituée de silicium, a un effet de réduction de la rugosité de surface, en particulier par  
10 reconstruction de la surface de silicium, ainsi qu'un rôle de guérison de certains défauts cristallins.

Un but de l'invention est d'améliorer encore la qualité de la couche utile.

Ce but est atteint, selon l'invention, grâce à un procédé de traitement de substrats pour la micro-électronique ou l'opto-électronique, comportant une  
15 couche utile sur au moins une de leurs faces, ce procédé comprenant une étape de polissage mécano-chimique sur la surface libre de la couche utile, caractérisé en ce qu'il comprend en outre, une étape de recuit sous atmosphère réductrice, avant l'étape de polissage.

Il est bien connu que le polissage mécano-chimique engendre certains  
20 défauts dans le matériau sous-jacent à la surface polie et est susceptible de provoquer des inhomogénéités d'épaisseur des substrats, et de la couche utile en particulier.

Cependant, et de manière surprenante, le déposant a pu constater qu'en faisant précéder l'étape de polissage mécano-chimique, par un recuit sous  
25 atmosphère réductrice, on pouvait à la fois améliorer la qualité de la couche utile de manière plus efficace qu'avec un simple polissage ou un simple recuit, mais aussi que l'on évitait en grande partie les effets néfastes d'un simple polissage mécano-chimique. En effet, le recuit sous atmosphère réductrice a déjà commencé à lisser la surface de la couche utile. Le temps de polissage  
30 nécessaire pour obtenir une rugosité satisfaisante est donc réduit. De ce fait, le procédé selon l'invention permet d'augmenter les capacités de production. En outre, la réduction du temps de polissage limite les effets négatifs du polissage,

tels que ceux cités ci-dessus, ou encore la perte d'uniformité d'épaisseur qui intervient généralement lorsque le polissage est long.

Ainsi, la qualité, en termes de rugosité de la couche utile, après mise en œuvre du procédé selon l'invention, est particulièrement intéressante.

5 Les mesures de la rugosité sont généralement effectuées grâce à un microscope à force atomique. Avec ce type d'appareil, la rugosité est mesurée sur des surfaces balayées par la pointe du microscope à force atomique, allant de  $1 \times 1 \mu\text{m}^2$  à  $10 \times 10 \mu\text{m}^2$  et plus rarement  $50 \times 50 \mu\text{m}^2$ , voire  $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ . La rugosité peut être caractérisée, en particulier, selon deux modalités. Selon l'une  
10 de ces modalités, la rugosité est dite à hautes fréquences et correspond à des surfaces balayées de l'ordre de  $1 \times 1 \mu\text{m}^2$ . Selon l'autre de ces modalités, la rugosité est dite à basses fréquences et correspond à des surfaces balayées de l'ordre de  $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ , ou plus.

Un polissage mécano-chimique et un recuit sous atmosphère réductrice  
15 se distinguent par leurs effets sur des plages de fréquences différentes. Ainsi, un recuit sous atmosphère réductrice favorise un lissage de la rugosité à hautes fréquences, mais est moins efficace pour réduire les ondulations, qui sont plutôt de basses fréquences. Tandis qu'un polissage mécano-chimique permet aussi d'améliorer la rugosité à basses fréquences.

20 Grâce au procédé selon l'invention, on peut obtenir une faible rugosité à hautes fréquences, grâce au recuit sous atmosphère réductrice, ainsi que de faibles ondulations, c'est à dire un type de rugosité à basses fréquences, grâce au polissage. Or, une faible rugosité à hautes fréquences est primordiale pour obtenir de bons oxydes de grille, et une faible ondulation (rugosité à basses  
25 fréquences) est intéressante lorsque l'on souhaite coller un autre substrat sur la surface libre de la couche utile.

En plus de son effet sur la rugosité, le procédé selon l'invention permet de réduire la concentration de certains défauts dans la couche utile. En effet, le recuit sous atmosphère réductrice permet de commencer à reconstruire la  
30 surface de la couche utile et de guérir certains défauts dans l'épaisseur de la couche utile. Cependant, cette guérison peut n'être que partielle. Mais, le polissage mécano-chimique, si on le poursuit suffisamment, permet un

enlèvement de la matière comportant une grande partie des défauts situés au voisinage de la surface libre de la couche utile et dans l'épaisseur de cette couche utile. Le procédé selon l'invention est donc particulièrement avantageux, lorsqu'il existe un gradient de concentration croissant en direction  
5 de la surface libre de la couche utile, et une forte concentration de défauts au voisinage de cette surface. L'effet combiné de la guérison des défauts, par le recuit sous atmosphère réductrice, et de l'enlèvement de matière, par le polissage, permet de retirer particulièrement efficacement les défauts au voisinage de la surface libre de la couche utile.

10 Grâce au procédé selon l'invention, on obtient donc un substrat avec une couche utile dont la qualité est suffisante et compatible avec l'utilisation de cette couche utile dans des applications en micro- ou opto-électronique.

Avantageusement, l'atmosphère réductrice comprend de l'hydrogène. Préférentiellement, cette l'atmosphère réductrice comprend en outre de l'argon.

15 Ainsi, l'atmosphère réductrice peut être composée d'hydrogène à 100%. Mais avantageusement, l'atmosphère réductrice est composée d'un mélange d'hydrogène et d'argon. Ce mélange est préférentiellement dans un rapport  $H_2/Ar$  de 20/80 ou de 25/75. Avec des rapports de ce type, l'hydrogène est en concentration suffisante pour être significative, mais grâce à l'argon, le mélange  
20 est meilleur conducteur thermique. L'amélioration des propriétés de conduction thermique du mélange permet de réduire les contraintes thermiques sur le substrat. Il en résulte une plus faible génération de défauts de type bandes de glissement. Ce type de mélange est également moins agressif, il en résulte une attaque moins sélective de certains défauts.

25 Avantageusement aussi, le procédé selon l'invention comporte en outre, une étape d'oxydation sacrificielle. Cette étape d'oxydation sacrificielle comporte une étape d'oxydation de la couche utile sur au moins une partie de son épaisseur et une étape de désoxydation de cette partie oxydée. Les étapes d'oxydation et de désoxydation peuvent être menées subséquentement à l'étape  
30 de polissage et/ou précédemment à celle-ci.

Une étape d'oxydation sacrificielle est avantageusement mise en œuvre pour améliorer la qualité d'une couche utile, que le matériau constitutif de cette



couche utile soit un matériau facilement oxydable ou un matériau peu oxydable. Dans la suite, et en particulier dans les revendications, on considérera une étape d'oxydation sacrificielle réalisable, que le matériau de la couche utile soit facilement oxydable ou peu oxydable.

5           Chacune des étapes de polissage et d'oxydation sacrificielle participe au retrait de la partie de la couche utile comportant une concentration de défauts trop importante. Mais une étape d'oxydation sacrificielle, subséquente à l'étape de polissage, participe plus spécifiquement à la suppression des défauts superficiels générés par l'étape de polissage.

10           Une étape d'oxydation sacrificielle permet en outre de limiter d'autres effets néfastes du polissage. En effet, si l'on part d'une couche de défauts relativement épaisse, il faut un long polissage pour l'ôter. Or un long polissage abouti généralement à un manque d'uniformité en épaisseur. Cet inconvénient est d'autant plus critique que l'épaisseur de matériau à enlever est importante  
15 et donc que l'étape de polissage est longue. De plus, de longs polissages ralentissent l'exécution du procédé et induisent une limitation à la capacité de production. En introduisant une étape d'oxydation sacrificielle dans le procédé selon l'invention, on évite ces inconvénients en limitant le polissage essentiellement à ce qui est nécessaire pour réduire la rugosité, l'étape  
20 d'oxydation sacrificielle contribuant de manière non négligeable à retirer la partie de la couche utile comportant une forte concentration de défauts. De plus en réduisant le polissage nécessaire, les défauts engendrés par celui-ci peuvent être développés à moins grande échelle.

          Avantageusement encore, le procédé selon l'invention comporte au  
25 moins une étape de traitement thermique, l'étape d'oxydation de la couche utile étant réalisée avant la fin de chacune de ces étapes de traitement thermique, pour protéger le reste de la couche utile. Dans ces conditions, le traitement thermique permet aussi de guérir, au moins en partie, les défauts générés au cours de l'étape d'oxydation.

30           Avantageusement encore, le procédé selon l'invention comporte en outre une étape de recuit sous atmosphère réductrice subséquente à l'étape de polissage.

Avantageusement encore, le procédé selon l'invention comprend une étape d'implantation d'atomes sous une face d'une plaque, dans une zone d'implantation, une étape de mise en contact intime de la face de la plaque, ayant subi l'implantation, avec un substrat support et une étape de clivage de la plaque au niveau de la zone d'implantation, pour transférer une partie de la plaque sur le substrat support et former un film mince ou une couche mince sur celui-ci, ce film mince ou cette couche mince, constituant la couche utile subissant ensuite les étapes de recuit hydrogéné et de polissage.

Avantageusement encore, le procédé selon l'invention est mis en œuvre sur un substrat comportant une couche utile constituée d'un matériau semi-conducteur. Ce matériau semi-conducteur est par exemple du silicium.

Avantageusement encore, et en particulier si la couche utile est constituée par du silicium, l'étape de recuit sous atmosphère réductrice, est réalisée, suivant un mode opératoire connu et décrit par exemple dans le document FR 2 761 526. Selon ce mode opératoire, on recuit le substrat à une température comprise entre environ 1050°C et 1350°C, pendant quelques dizaines de secondes à quelques dizaines de minutes, sous une atmosphère hydrogénée.

Suivant une autre variante avantageuse du procédé selon l'invention, l'étape de recuit sous atmosphère réductrice, est réalisée, suivant un autre mode opératoire connu et décrit par exemple dans le document EP 917 188. Selon cet autre mode opératoire, on recuit le substrat, sous atmosphère hydrogénée, à une température comprise entre environ 1100°C et 1300°C, pendant moins de trois minutes, préférentiellement en moins de 60 secondes et plus préférentiellement encore pendant moins de trente secondes. Cet autre mode opératoire correspond à un recuit rapide, aussi appelé recuit RTA (RTA étant l'acronyme de l'expression anglo-saxonne Rapid Thermal Annealing).

Le recuit peut être effectué à température constante, à température variable, avec des paliers de température, ou une combinaison de paliers et de plages variables.

Suivant encore une autre variante avantageuse du procédé selon l'invention, l'étape de recuit sous atmosphère réductrice, est réalisée, suivant

un autre mode opératoire connu et décrit par exemple dans le document FR 2 761 526. Selon cet autre mode opératoire, on recuit le substrat dans un appareil produisant un plasma d'hydrogène. L'avantage de ce type de recuit réside dans le fait que la température de recuit est basse. Typiquement, cette  
5 température est située dans une plage allant de la température ambiante à 600°C environ.

Avec une couche utile constituée de silicium, que l'étape de recuit sous atmosphère hydrogénée soit effectuée selon un recuit long, un recuit dans un plasma d'hydrogène ou qu'elle le soit selon un recuit de type RTA, elle a  
10 plusieurs effets. Ces effets sont :

- une désintégration de l'oxyde natif en surface de la couche utile ;
- une gravure du silicium ( $\text{SiH}_2$  et  $\text{SiH}_4$  étant volatils), menant à une réduction de l'épaisseur moyenne de la couche utile ;
- une guérison de certains défauts par dissolution des précipités  
15 d'oxygène et autres parois d'oxydes, susceptibles de jouer un rôle stabilisant sur certains défauts cristallins ; mais aussi
- un lissage et une diminution de la rugosité de la surface de la couche utile, avec apparition de terrasses à l'échelle atomique.

En particulier, la désintégration des oxydes de silicium par l'hydrogène  
20 facilite grandement la réorganisation des atomes de silicium.

En surface en particulier, les atomes de silicium, activés par le recuit sous atmosphère hydrogénée, migrent en surface jusqu'à ce qu'ils se trouvent dans une configuration énergétique correspondant à une stabilité accrue. Ainsi les atomes de silicium se trouvant sur des excroissances tendent à migrer dans  
25 des cavités. C'est ainsi que l'étape de recuit sous atmosphère hydrogénée tend à réduire la rugosité de surface.

En ce qui concerne la guérison de certains défauts, l'effet de dissolution des précipités d'oxygène et autres parois d'oxyde, est particulièrement intéressant dans le cas des défauts appelés « COPs » (de l'acronyme de  
30 l'expression anglo-saxonne Crystal Originated Particles). Ces défauts « COPs » sont des amas de lacunes, dont la taille est de l'ordre de quelques centaines à quelques milliers d'angströms et dont les parois orientées, selon des plans

cristallins, sont stabilisées par des oxydes dont l'épaisseur est de l'ordre de quelques dizaines d'angströms au maximum. Ces défauts « COPs » apparaissent en particulier dans le silicium CZ.

Selon un autre aspect, l'invention est un substrat pour la micro-  
5 électronique ou l'opto-électronique, comportant une couche utile sur au moins une de ses faces, ce substrat ayant été obtenu après une étape de polissage mécano-chimique sur la surface libre de la couche utile, caractérisé en ce qu'il a subi en outre, une étape de recuit sous atmosphère réductrice, avant l'étape de polissage.

10 D'autres aspects, buts et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit. L'invention sera aussi mieux comprise à l'aide des dessins annexés sur lesquels :

-la figure 1 représente schématiquement, en coupe longitudinale, un exemple de chambre pour effectuer chaque étape de recuit en atmosphère  
15 hydrogénée, du procédé selon l'invention ;

-la figure 2 représente schématiquement, en coupe selon un plan perpendiculaire à ses surfaces principales, un substrat au cours de son traitement par le procédé conforme à la présente invention ;

- la figure 3 représente schématiquement, en coupe selon un plan  
20 perpendiculaire à ses surfaces principales, un substrat au cours de son traitement par une variante du procédé conforme à la présente invention ;

- la figure 4 représente schématiquement, en coupe selon un plan perpendiculaire à ses surfaces principales, un substrat au cours de son traitement par une autre variante du procédé conforme à la présente invention ;

25 - la figure 5 représente schématiquement, en coupe selon un plan perpendiculaire à ses surfaces principales, un substrat au cours de son traitement par encore une autre variante du procédé conforme à la présente invention ; et

- la figure 6 représente schématiquement, en coupe selon un plan  
30 perpendiculaire à ses surfaces principales, un substrat au cours de son traitement par encore une autre variante du procédé conforme à la présente invention.

Cinq modes de mise en œuvre du procédé conforme à la présente invention sont décrits ci-dessous, à titre d'exemples, de manière détaillée.

Ces cinq modes de mise en œuvre sont illustrés ci-dessous, à titre d'exemple, mais sans que cela soit limitatif, dans le cadre de la fabrication de  
5 substrats de silicium sur isolant. Les substrats de silicium sur isolant sont aussi appelés substrats SOI (SOI étant l'acronyme de l'expression anglo-saxonne « Silicon On Insulator »).

Dans ce cadre, le procédé selon l'invention trouve une application particulièrement intéressante, dans la fabrication de substrats SOI par un type  
10 particulier de procédés, appelés procédés SMART-CUT®.

Une manière particulière de mettre en œuvre un procédé SMART-CUT® est décrite dans le brevet FR 2 681 472.

Dans le cadre de la fabrication de substrats SOI, un procédé SMART-CUT® permet de réaliser des substrats comportant une couche utile 52  
15 constituée de silicium sur une de leur face, cette couche de silicium reposant sur une couche d'isolant, aussi appelée couche d'oxyde enterré 56.

Selon l'une de ses variantes, le procédé SMART-CUT® comporte:

- une étape d'implantation d'atomes, sous une face d'une plaque de semi-conducteur, dans une zone d'implantation ;
- 20 – une étape de mise en contact intime de la plaque soumise à l'implantation, avec un substrat support; et
- une étape de clivage de la plaque au niveau de la zone d'implantation, pour transférer la partie de la plaque située entre la surface soumise à l'implantation et la zone d'implantation, sur ledit substrat support  
25 et former un film mince, ou une couche, de silicium sur celui-ci.

Par implantation d'atomes, on entend tout bombardement d'espèces atomiques ou ioniques, susceptible d'introduire ces espèces dans un matériau, avec un maximum de concentration de ces espèces dans ce matériau, ce maximum étant situé à une profondeur déterminée par rapport à la surface  
30 bombardée. Les espèces atomiques ou ioniques sont introduites dans le matériau avec une énergie également distribuée autour d'un maximum.

L'implantation des espèces atomiques dans le matériau peut être réalisée grâce à un implantateur par faisceau d'ions, un implantateur par immersion dans un plasma, etc.

Par clivage, on entend toute fracture du matériau implanté au niveau du maximum de concentration, dans ce matériau, des espèces implantées ou au voisinage de ce maximum. Cette fracture n'intervient pas nécessairement selon un plan cristallographique du matériau implanté.

Plusieurs manières peuvent être envisagées pour réaliser un substrat SOI, selon le procédé SMART-CUT®.

Selon une première manière, on recouvre une plaque de silicium sur sa face d'implantation, d'une couche d'oxyde isolant (par exemple par oxydation du silicium), et on utilise un substrat support, par exemple aussi en silicium, pour le transfert.

Selon une deuxième manière, on transfère une couche complètement semi-conductrice (en silicium), soit sur un substrat support recouvert d'une couche d'isolant, soit sur un substrat support complètement isolant (par exemple en quartz).

Selon une troisième manière, on transfère une couche recouverte d'une couche d'isolant, soit sur un substrat support recouvert également d'isolant, soit sur un substrat support complètement isolant.

Après clivage et transfert, on obtient dans tous les cas, un substrat SOI avec une couche transférée sur une face du substrat support, la surface libre de cette couche correspondant à une surface de clivage. Après clivage, le substrat est dépoussiéré, nettoyé et rincé selon les techniques habituelles utilisées en micro-électronique.

Il est alors avantageux d'utiliser le procédé selon l'invention, pour réduire la rugosité de ladite surface libre et la densité de défauts dans la couche transférée.

Selon le procédé conforme à la présente invention, le substrat SOI subit une étape de recuit sous atmosphère réductrice et une étape de polissage.

Pour tous les modes de mise en œuvre décrits ci-dessous, l'étape de recuit sous atmosphère réductrice est réalisée selon le mode opératoire RTA décrit ci-dessus.

Un exemple de chambre destinée à la mise en œuvre d'une étape de recuit sous atmosphère réductrice 100, selon le mode opératoire RTA, est illustré par la figure 1.

Cette chambre 1 comporte une enceinte 2, un réacteur 4, un plateau porte-substrat 6, deux réseaux de lampes halogène 8, 10 et deux paires de lampes latérales.

10 L'enceinte 2 comporte en particulier une paroi inférieure 12, une paroi supérieure 14 et deux parois latérales 16, 18, situées respectivement aux extrémités longitudinales de l'enceinte 2. L'une des parois latérales 16, 18 comporte une porte 20.

15 Le réacteur 4 est constitué d'un tube de quartz s'étendant longitudinalement entre les deux parois latérales 16, 18. Il est muni au niveau de chacune de ces parois latérales 16, 18, respectivement d'une entrée de gaz 21 et d'une sortie de gaz 22. La sortie de gaz 22 est située du côté de la paroi latérale 18 comportant la porte 20.

20 Chaque réseau de lampes halogène 8, 10 est situé respectivement au-dessus et en-dessous du réacteur 4, entre celui-ci et les parois inférieure 12 et supérieure 14. Chaque réseau de lampes halogène 8, 10 comporte 17 lampes 26 disposées perpendiculairement à l'axe longitudinal du réacteur 4. Les deux paires de lampes latérales (non représentées sur la figure 1) sont situées parallèlement à l'axe longitudinal du réacteur 4, chacune d'un côté de celui-ci, globalement aux extrémités longitudinales des lampes 26 des réseaux de lampes halogène 8, 10.

Le plateau porte-substrat 6 coulisse dans le réacteur 4. Il supporte les substrats 50 destinés à subir l'étape de recuit sous atmosphère hydrogénée 100 et permet de les rentrer ou les sortir de la chambre 1.

30 Une chambre 1 de ce type est commercialisée par STEAG®, sous le nom « SHS AST 2800 ».

Les cinq modes de mise en œuvre du procédé selon l'invention, décrits ci-dessous, sont appliqués au traitement de substrats 50 SOI comportant une couche utile 52 ayant elle même une surface libre 54. Cette surface libre 54 est une surface de clivage obtenue, comme décrit ci-dessus, par la mise en œuvre d'un procédé SMART-CUT®. Sous la couche utile 52, le substrat 50 comporte une couche d'oxyde enterré 56. Sous la couche d'oxyde enterré 56, le substrat 50 comporte un substrat support 58.

Les paramètres donnés pour les cinq modes de mise en œuvre du procédé selon l'invention, qui vont être décrits ci-dessous, correspondent à des applications dites « produits fins ». Ces « produits fins » sont des substrats SOI dont la couche de silicium sur isolant, c'est à dire la couche utile 52, fait environ 2000 Å d'épaisseur, tandis que la couche d'isolant enterré 56, fait environ 4000 Å d'épaisseur. Pour réaliser des substrats SOI ayant une couche utile 52 et/ou une couche d'oxyde enterré plus épaisse(s), on procédera à une implantation à plus haute énergie, pour que la couche d'espèces atomiques implantées soit située plus profondément par rapport à la surface bombardée. Dans ce cas il faudra aussi tenir compte du fait que plus les espèces atomiques sont implantées profond, plus il sera nécessaire de retirer de la matière après clivage, pour retrouver une concentration de défauts dans la couche utile 52, acceptable. En effet, plus les espèces atomiques sont implantées profondément, plus la largeur de la zone défectueuse augmente.

Selon le premier mode de mise en œuvre, représenté sur la figure 2, un substrat 50 est soumis, après l'étape de clivage du procédé SMART-CUT® décrit ci-dessus et un nettoyage, à une étape de recuit sous atmosphère réductrice 100, puis à une étape de polissage mécano-chimique 200.

Avant ces deux étapes, la concentration de défauts 59 de la couche utile 52, au voisinage de la surface libre 54, et la rugosité de cette dernière ne sont pas satisfaisantes.

L'étape de recuit sous atmosphère réductrice 100 est réalisée selon le mode opératoire du type RTA décrit plus haut.

L'étape de recuit sous atmosphère réductrice consiste à :



– disposer le substrat 50 dans une chambre 1 telle que celle décrite ci-dessus, celle-ci étant froide au moment de l'introduction du substrat 50 ;

– introduire, à une pression égale à, ou voisine de, la pression atmosphérique, un mélange d'hydrogène et d'argon, dans des proportions en  
5 volume de 25% d'hydrogène pour 75% d'argon ;

– faire croître, en allumant les lampes halogène 26, la température dans la chambre 1, à une vitesse de l'ordre de 50°C par seconde, jusqu'à une température de traitement ;

– maintenir le substrat 50 dans la chambre 1, pendant 20 secondes, à la  
10 température de traitement, cette température de traitement étant avantageusement choisie entre 1200 et 1230 °C, et étant préférentiellement égale à 1230°C ; et

– éteindre les lampes halogène 26 et refroidir, par circulation d'air, le substrat 50, à une vitesse de plusieurs dizaines de degrés centigrades par  
15 secondes et variant selon la gamme de température .

Dans ces conditions, avec des rampes de chauffage et de refroidissement rapides, et un palier court, ce recuit sous atmosphère réductrice 100 a réduit la rugosité, sans pratiquement retirer de matière. L'épaisseur de matériau retirée est inférieure à 20 Å. La réduction de la rugosité a été  
20 essentiellement réalisée par reconstruction de surface et lissage et non pas par gravure. En outre, les défauts 59 cristallins du silicium de la couche utile 52, générés au cours de l'implantation et du clivage, ont au moins en partie été guéris par ce recuit sous atmosphère réductrice 100. La concentration de ces défauts 59, dans la couche utile 52, a donc diminué. En conséquence,  
25 l'épaisseur de couche utile 52, sur laquelle la concentration de défauts 59 est trop importante pour être acceptable, est réduite. De plus, le fait d'opérer ce recuit sous atmosphère réductrice 100, selon le mode opératoire RTA, permet d'éviter la propagation de l'attaque de certains défauts jusqu'à la couche d'oxyde enterré 56.

30 L'étape de recuit sous atmosphère réductrice 100 décrite ci-dessus offre de nombreux autres avantages. Elle est facilement compatible avec une grande

capacité de production de substrats 50, est d'utilisation aisée, peut être mise en œuvre avec des équipements déjà existants, etc.

La rugosité est généralement exprimée soit en terme d'écart entre la hauteur minimum et la hauteur maximum mesurée au cours du balayage de la surface dont la rugosité est mesurée, soit par une valeur quadratique moyenne, dite rms (de l'expression anglo-saxonne « root mean square »). L'écart entre hauteurs minimum et maximum sera désignée ci-dessous par « P-V » (de l'expression anglo-saxonne « Peak-Valley »).

Après l'étape de recuit sous atmosphère réductrice 100, la rugosité mesurée lors d'un balayage d'une surface de  $1 \times 1 \mu\text{m}^2$ , est réduite de 50 à 1-1,5 Å rms (c'est à dire d'une valeur supérieure à 500 Å à 20 Å environ, en valeur P-V), et la rugosité mesurée lors d'un balayage d'une surface de  $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ , est réduite de 50 à 5-15 Å rms (c'est à dire d'une valeur supérieure à 500 Å à 40-50 Å en valeur P-V).

L'étape de polissage 200 est réalisée par un polissage mécano-chimique classique, connu de l'homme du métier. Partant d'une surface déjà bien lissée par l'étape de recuit sous atmosphère réductrice 100, une étape de polissage 200 sur une épaisseur de 200 à 400 Å seulement, est suffisante pour ramener la rugosité, et plus particulièrement celle à basses fréquences, à une valeur satisfaisante. Typiquement, la rugosité après polissage est de l'ordre de 0,8 à 1,5 Å rms, si cette mesure est réalisée au cours du balayage d'une surface de  $1 \times 1 \mu\text{m}^2$  ou de l'ordre de 1 à 2 Å rms, si cette mesure est réalisée au cours du balayage d'une surface de  $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ .

Cette étape de polissage 200 permet en outre de retirer la matière de la couche utile 52, située à proximité de la surface libre 54 et comportant des défauts 59.

Le deuxième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention est représenté sur la figure 3. A titre d'exemple, comme précédemment, il est réalisé sur un substrat 50 de type SOI obtenu après l'étape de clivage du procédé SMART-CUT® décrit ci-dessus et un nettoyage.

Selon ce deuxième mode de mise en œuvre, le substrat 50 est soumis à une étape de recuit sous atmosphère réductrice 100A, puis à une étape de

polissage mécano-chimique 200A, et enfin à une étape d'oxydation sacrificielle 300A combinée à un traitement thermique 320A.

Les étapes de recuit sous atmosphère réductrice 100A et de polissage mécano-chimique 200A de ce mode de mise en œuvre sont identiques à celles  
5 décrites pour le premier mode de mise en œuvre.

L'étape d'oxydation sacrificielle 300A est destinée à retirer les défauts 59 restant après l'étape de polissage 200A. Ces défauts 59 peuvent provenir de l'implantation, du clivage, ou avoir été générés pendant l'étape de polissage 200A, etc.

10 L'étape d'oxydation sacrificielle 300A se décompose en une étape d'oxydation 310A et une étape de désoxydation 330A. Le traitement thermique 320A est intercalé entre l'étape d'oxydation 310A et l'étape de désoxydation 330A.

L'étape d'oxydation 310A est préférentiellement réalisée à une  
15 température comprise entre 700°C et 1100°C. L'étape d'oxydation 310A peut être réalisée par voie sèche ou par voie humide. Par voie sèche, l'étape d'oxydation 310A est, par exemple, menée en chauffant le substrat 50 sous oxygène gazeux. Par voie humide, l'étape d'oxydation 310A est, par exemple, menée en chauffant le substrat 50 dans une atmosphère chargée en vapeur  
20 d'eau. Par voie sèche ou par voie humide, selon des procédés classiques connus de l'homme du métier, l'atmosphère d'oxydation peut aussi être chargée en acide chlorhydrique.

L'étape d'oxydation 310A aboutit à la formation d'un oxyde 60.

L'étape de traitement thermique 320A est réalisée par toute opération  
25 thermique destinée à améliorer les qualités du matériau constitutif de la couche utile 52. Ce traitement thermique 320A peut être effectué à température constante ou à température variable. Dans ce dernier cas, le traitement thermique 320A est réalisé, par exemple, avec une augmentation progressive de la température entre deux valeurs, ou avec une oscillation cyclique entre  
30 deux valeurs, etc.

Préférentiellement, l'étape de traitement thermique 320A est effectuée au moins en partie à une température supérieure à 1000°C, et plus particulièrement vers 1100-1200°C.

5 Préférentiellement, l'étape de traitement thermique 320A est effectuée sous atmosphère non oxydante. L'atmosphère du traitement thermique 320A peut comprendre de l'argon, de l'azote, de l'hydrogène, etc., ou encore un mélange de ces gaz. Le traitement thermique 320A peut également être réalisé sous vide.

10 Préférentiellement aussi, l'étape d'oxydation 310A est réalisée avant l'étape de traitement thermique 320A. De cette manière, l'oxyde 60 protège le reste de la couche utile pendant le traitement thermique 320A et évite le phénomène de piquage. Le phénomène de piquage est bien connu de l'homme du métier qui le nomme aussi « pitting ». Il se produit à la surface de certains semi-conducteurs lorsque ceux-ci sont recuits sous atmosphère non oxydante, 15 telle que l'azote, l'argon, sous vide, etc. Il se produit dans le cas du silicium en particulier lorsque celui-ci est à nu, c'est à dire lorsqu'il n'est pas du tout recouvert d'oxyde.

Selon une variante avantageuse, l'étape d'oxydation 310A débute avec le début de la montée en température du traitement thermique 320A et se 20 termine avant la fin de ce dernier.

Le traitement thermique 320A permet de guérir, au moins en partie, les défauts générés au cours des étapes précédentes du procédé de fabrication et de traitement du substrat 50. Plus particulièrement, le traitement thermique 320A peut être effectué pendant une durée et à une température telles que l'on 25 réalise par celui-ci une guérison de défauts cristallins, tels que des fautes d'empilement, des défauts « HF », etc., engendrés dans la couche utile 52, au cours de l'étape d'oxydation 310A. On appelle défaut « HF », un défaut dont la présence est révélée par une auréole de décoration dans l'oxyde enterré 56, après traitement du substrat 50 dans un bain d'acide fluorhydrique.

30 Le traitement thermique 320A présente en outre l'avantage de renforcer l'interface de collage, par exemple entre la couche transférée lors du transfert par le procédé SMART-CUT® et le substrat support 58.

L'étape de désoxydation 330A est préférentiellement réalisée en solution. Cette solution est par exemple une solution d'acide fluorhydrique à 10 ou 20%. Quelques minutes suffisent pour enlever mille à quelques milliers d'angströms d'oxyde 60, en plongeant le substrat 50 dans une telle solution.

5 Au cours de ce deuxième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention, on retirera :

- moins de 15 Å de silicium sur la couche utile 52, au cours de l'étape de recuit sous atmosphère réductrice 100,
- 300 Å de silicium sur la couche utile 52, au cours de l'étape de polissage 200, et
- 10 - 650 Å de silicium sur la couche utile 52, au cours de l'étape d'oxydation sacrificielle 300.

L'épaisseur totale de couche utile 52, retirée au cours du procédé selon l'invention, dans ce deuxième mode de mise en œuvre, est égale à 950 Å environ. D'une manière générale, le deuxième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention permettra avantageusement de retirer 800 à 1100 Å.

Le tableau 1 regroupe les rugosités mesurées à l'issue des différentes étapes du deuxième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention.

	Surface balayée 1x1 $\mu\text{m}^2$		Surface balayée 10x10 $\mu\text{m}^2$	
	Rugosité P-V (Å)	Rugosité rms (Å)	Rugosité P-V (Å)	Rugosité rms (Å)
Après clivage	500/1000*	50/100*	500/1000*	50/100*
Après l'étape de recuit sous atmosphère réductrice 100	10/30	1-1,5	40-50	5-15
Après l'étape de polissage 200	10	0,8-1,5	10	1-2
Après l'étape d'oxydation sacrificielle 300	10	0,8-1,5	10	1-2

\* : Après clivage, la surface est tellement rugueuse que la rugosité ne peut être mesurée, de manière significative au microscope à force atomique.

**Tableau 1 : Rugosités mesurées à l'issue des différentes étapes du deuxième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention.**

Le troisième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention est représenté sur la figure 4. A titre d'exemple, et comme pour les modes de mise en œuvre précédents, il est réalisé sur un substrat 50 de type SOI obtenu après l'étape de clivage du procédé SMART-CUT® décrit ci-dessus et un nettoyage.

- 5       Après l'étape de clivage et un nettoyage, le substrat 50 est soumis à :
- une première étape d'oxydation sacrificielle 301B combinée à un traitement thermique 321B,
  - une étape de recuit sous atmosphère réductrice 100B,
  - une étape de polissage mécano-chimique 200B, et
  - 10      – une deuxième étape d'oxydation sacrificielle 302B combinée à un traitement thermique 322B.

Les étapes de recuit sous atmosphère réductrice 100B et de polissage mécano-chimique 200B de ce mode de mise en œuvre sont identiques à celles décrites pour le premier mode de mise en œuvre décrit ci-dessus.

- 15       Les première et deuxième étapes d'oxydation sacrificielle 301B, 302B, se décomposent, comme l'étape d'oxydation sacrificielle 300A décrite ci-dessus, en une étape d'oxydation 311B, 312B et une étape de désoxydation 331B, 332B. Les première et deuxième étapes d'oxydation sacrificielle 301B, 302B, ainsi que les étapes de traitement thermique 321B, 322B, sont analogues à
- 20      celles déjà décrites pour le deuxième mode de mise en œuvre, décrit ci-dessus, du procédé conforme à la présente invention.

Au cours de ce troisième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention, on retirera :

- 650 Å de silicium sur la couche utile 52, au cours de la première étape
- 25      d'oxydation sacrificielle 301B,
- moins de 15 Å de silicium sur la couche utile 52, au cours de l'étape de recuit sous atmosphère réductrice 100B,
- 300 Å de silicium sur la couche utile 52, au cours de l'étape de polissage 200B, et
- 30      – 650 Å de silicium sur la couche utile 52, au cours de la deuxième étape d'oxydation sacrificielle 302B.

L'épaisseur totale de couche utile, retirée au cours du procédé selon l'invention, dans ce troisième mode de mise en œuvre, est égale à 1600 Å environ.

Le tableau 2 regroupe les rugosités mesurées à l'issue des différentes étapes du deuxième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention.

	Surface balayée 1x1 $\mu\text{m}^2$		Surface balayée 10x10 $\mu\text{m}^2$	
	Rugosité P-V (Å)	Rugosité rms (Å)	Rugosité P-V (Å)	Rugosité rms (Å)
Après clivage	500-1000*	50-100*	500-1000*	50-100*
Après la première étape d'oxydation sacrificielle 301B	250-500	25-50	300-600	30-60
Après l'étape de recuit sous atmosphère réductrice 100B	20	1-1,5	40-50	5-10
Après l'étape de polissage 200B	10	0,8-1,5	10	1-2
Après la deuxième étape d'oxydation sacrificielle 302B	10	0,8-1,5	10	1-2

\* : Après clivage, la surface est tellement rugueuse que la rugosité ne peut être mesurée, de manière significative au microscope à force atomique.

**Tableau 2 : Rugosités mesurées à l'issue des différentes étapes du troisième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention.**

10

Le quatrième mode de mise en œuvre est représenté sur la figure 5. A titre d'exemple, et comme pour les modes de mise en œuvre précédents, il est réalisé sur un substrat 50 de type SOI obtenu après l'étape de clivage du procédé SMART-CUT<sup>®</sup> décrit ci-dessus.

15

Après l'étape de clivage et un nettoyage, le substrat 50 est soumis à :

- une étape de recuit sous atmosphère réductrice 100C,
- une première étape d'oxydation sacrificielle 301C combinée à un traitement thermique 321C,
- une étape de polissage mécano-chimique 200C, et

– une deuxième étape d'oxydation sacrificielle 302C combinée à un traitement thermique 322C.

Les étapes de recuit sous atmosphère réductrice 100C et de polissage mécano-chimique 200C de ce mode de mise en œuvre sont identiques à celles  
5 décrites pour le premier mode de mise en œuvre décrit ci-dessus.

Les première et deuxième étapes d'oxydation sacrificielle 301C, 302C, se décomposent, comme l'étape d'oxydation sacrificielle 300A décrite ci-dessus, en une étape d'oxydation 311C, 312C et une étape de désoxydation 331C, 332C.

10 Les première et deuxième étapes d'oxydation sacrificielle 301C, 302C, ainsi que les étapes de traitement thermique 321C, 322C, sont analogues à celles déjà décrites pour le deuxième mode de mise en œuvre, décrit ci-dessus, du procédé conforme à la présente invention.

Au cours de ce quatrième mode de mise en œuvre du procédé selon  
15 l'invention, on retirera :

– moins de 15 Å de silicium sur la couche utile 52, au cours de l'étape de recuit sous atmosphère réductrice 100C,

– 650 Å de silicium sur la couche utile 52, au cours de la première étape d'oxydation sacrificielle 301C,

20 – 300 Å de silicium sur la couche utile 52, au cours de l'étape de polissage 200C, et

– 650 Å de silicium sur la couche utile 52, au cours de la deuxième étape d'oxydation sacrificielle 302C.

L'épaisseur totale de couche utile 52, retirée au cours du procédé selon  
25 l'invention, dans ce quatrième mode de mise en œuvre, est égale à 1600 Å environ.

Le tableau 3 regroupe les rugosités mesurées à l'issue des différentes étapes du quatrième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention.



	Surface balayée 1x1 $\mu\text{m}^2$		Surface balayée 10x10 $\mu\text{m}^2$	
	Rugosité P-V (Å)	Rugosité rms (Å)	Rugosité P-V (Å)	Rugosité rms (Å)
Après clivage	500-1000*	50-100*	500-1000*	50-100*
Après l'étape de recuit sous atmosphère réductrice 100C	10-30	1-1,5	40-50	5-15
Après la première étape d'oxydation sacrificielle 301C	10-30	1-1,5	40-50	5-15
Après l'étape de polissage 200C	10	0,8-1,5	10	1-2
Après la deuxième étape d'oxydation sacrificielle 302C	10	0,8-1,5	10	1-2

\* : Après clivage, la surface est tellement rugueuse que la rugosité ne peut être mesurée, de manière significative au microscope à force atomique.

**Tableau 3 : Rugosités mesurées à l'issue des différentes étapes du quatrième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention.**

5 Le cinquième mode de mise en œuvre est représenté sur la figure 6. A titre d'exemple, et comme pour les modes de mise en œuvre précédents, il est réalisé sur un substrat 50 de type SOI obtenu après l'étape de clivage du procédé SMART-CUT<sup>®</sup> décrit ci-dessus.

Après l'étape de clivage et un nettoyage, le substrat 50 est soumis à :

- 10 – une première étape de recuit sous atmosphère réductrice 101D,  
 – une étape de polissage mécano-chimique 200D, et  
 – une deuxième étape de recuit sous atmosphère réductrice 102D.

15 Les étapes de recuit sous atmosphère réductrice 101D, 102D et de polissage mécano-chimique 200D de ce mode de mise en œuvre sont identiques à celles décrites pour le premier mode de mise en œuvre.

Au cours de ce cinquième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention, on retirera :

- moins de 15 Å de silicium sur la couche utile 52, au cours de la première étape de recuit sous atmosphère réductrice 101D,

– 400 Å de silicium sur la couche utile 52, au cours de l'étape de polissage 200D, et

– moins de 15 Å de silicium sur la couche utile 52, au cours de la deuxième étape de recuit sous atmosphère réductrice 102D,

5 L'épaisseur totale de couche utile 52, retirée au cours du procédé selon l'invention, dans ce cinquième mode de mise en œuvre, est égale à 400Å environ.

Suivant une variante de ce cinquième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention, il peut être intercalé, dans le cinquième mode de mise en œuvre décrit ci-dessus, un traitement thermique tel que ceux déjà  
10 décrits ou encore une oxydation sacrificielle combinée avec un traitement thermique, telle que celles également décrites ci-dessus.

Le tableau 4 regroupe les rugosités mesurées à l'issue des différentes étapes du cinquième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention.

	Surface balayée 1x1 $\mu\text{m}^2$		Surface balayée 10x10 $\mu\text{m}^2$	
	Rugosité P-V (Å)	Rugosité rms (Å)	Rugosité P-V (Å)	Rugosité rms (Å)
Après clivage	500-1000*	50-100*	500-1000*	50-100*
Après la première étape de recuit sous atmosphère réductrice 101D	10-30	1-1,5	40-50	5-15
Après l'étape de polissage 200D	10	0,8-1,5	10	1-2
Après la deuxième étape de recuit sous atmosphère réductrice 102D	10	0,8-1,5	10	1-2

15 \* : Après clivage, la surface est tellement rugueuse que la rugosité ne peut être mesurée, de manière significative au microscope à force atomique.

**Tableau 4 : Rugosités mesurées à l'issue des différentes étapes du cinquième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention.**

20 Ce cinquième mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention est particulièrement intéressant lorsque la rugosité de surface après clivage est

réduite. C'est le cas notamment lorsque l'on a réalisé l'implantation avec plusieurs énergies (FR 2 774 510) et/ou avec plusieurs espèces atomiques ou bien encore lorsque le clivage est assisté par des contraintes mécaniques (FR 2 748 851).

## REVENDICATIONS

1. Procédé de traitement de substrats (50) pour la micro-électronique ou l'opto-électronique, comportant une couche utile (52) sur au moins une de leurs  
5 faces, ce procédé comprenant une étape de polissage mécano-chimique sur la surface libre (54) de la couche utile (52), caractérisé en ce qu'il comprend en outre, une étape de recuit sous atmosphère réductrice (100, 100A, 100B, 100C, 101D, 102D), avant l'étape de polissage (200, 200A, 200B, 200C, 200D).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape de  
10 recuit sous atmosphère réductrice est réalisée en moins de trois minutes, préférentiellement en moins de soixante secondes et plus préférentiellement encore en moins de trente secondes.

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape de recuit sous atmosphère réductrice est réalisée à une  
15 température comprise entre 1100° C et 1300°C, et préférentiellement entre 1200°C et 1230°C.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte en outre, subséquemment à l'étape de polissage (200, 200A, 200B, 200C, 200D), une étape d'oxydation (310A, 312B, 312C) de la couche  
20 utile (52) sur au moins une partie de son épaisseur.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte en outre, précédemment à l'étape de polissage (200, 200A, 200B, 200C, 200D), une étape d'oxydation (311B, 311C) de la couche utile (52) sur au moins une partie de son épaisseur.

25 6. Procédé selon l'une des revendications 4 et 5, caractérisé en ce qu'il comporte en outre au moins une étape de désoxydation (330A, 331B, 332B, 331C, 332C).

7. Procédé selon l'une des revendications 4 à 6, caractérisé en ce qu'il comprend en outre au moins une étape de traitement thermique (320A, 321B, 322B, 321C, 322C), l'étape d'oxydation de la couche utile (52) étant réalisée  
30 avant la fin de chaque étape de traitement thermique (320A, 321B, 322B, 321C, 322C), pour protéger le reste de la couche utile (52).

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une étape de recuit sous atmosphère réductrice (102D) subséquente à l'étape de polissage (200, 200A, 200B, 200C, 200D).

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'implantation d'atomes sous une face d'une plaque, dans une zone d'implantation, une étape de mise en contact intime de la face de la plaque, ayant subi l'implantation avec un substrat support et une étape de clivage de la plaque au niveau de la zone d'implantation, pour transférer une partie de la plaque sur le substrat support et former un film mince ou une couche mince sur celui-ci, ce film mince ou cette couche mince, constituant la couche utile (52) subissant ensuite les étapes de recuit sous atmosphère réductrice (100, 100A, 100B, 100C, 101D, 102D) et de polissage (200, 200A, 200B, 200C, 200D).

10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couche utile (52) est constituée d'un semi-conducteur.

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que le semi-conducteur est du silicium.

12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en que l'atmosphère réductrice comprend de l'hydrogène.

13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en que l'atmosphère réductrice comprend de l'argon.

14. Substrat pour la micro-électronique ou l'opto-électronique, comportant une couche utile (52) sur au moins une de ses faces, ce substrat (50) ayant été obtenu après une étape de polissage mécano-chimique (200, 200A, 200B, 200C, 200D) sur la surface libre (54) de la couche utile (52), caractérisé en ce qu'il a subi en outre, une étape de recuit sous atmosphère réductrice (100, 100A, 100B, 100C, 101D, 102D), avant l'étape de polissage (200, 200A, 200B, 200C, 200D).



1 / 5

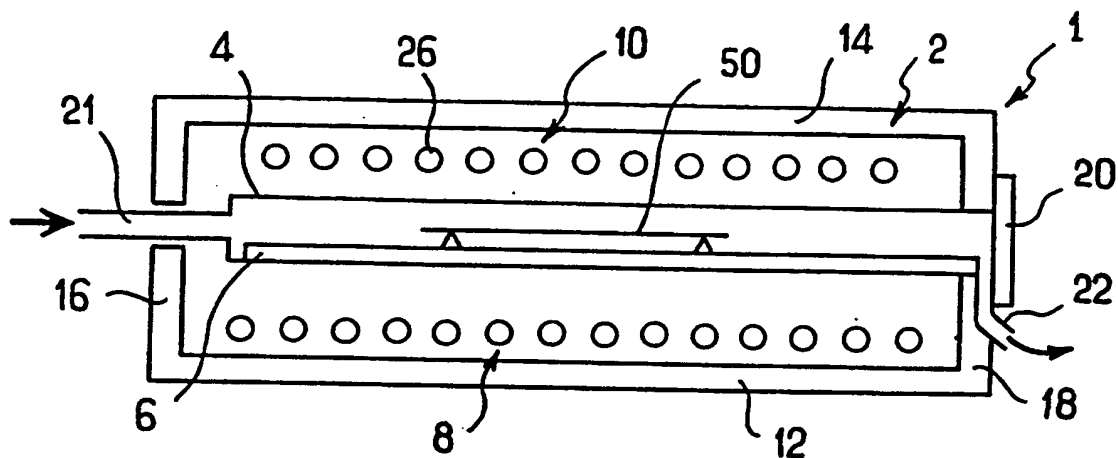


FIG. 1

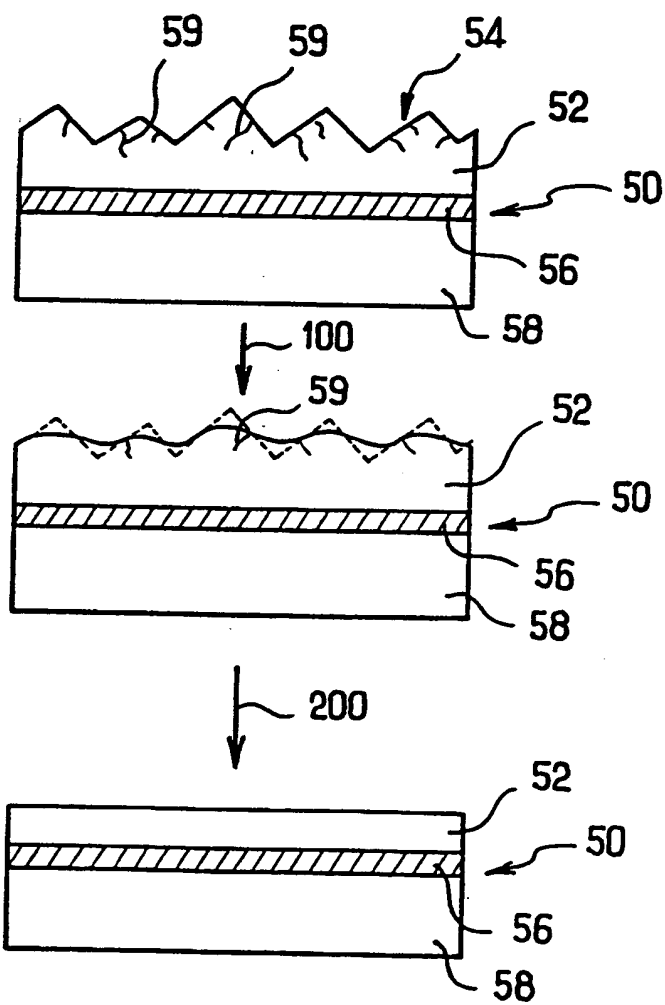


FIG. 2





2 / 5

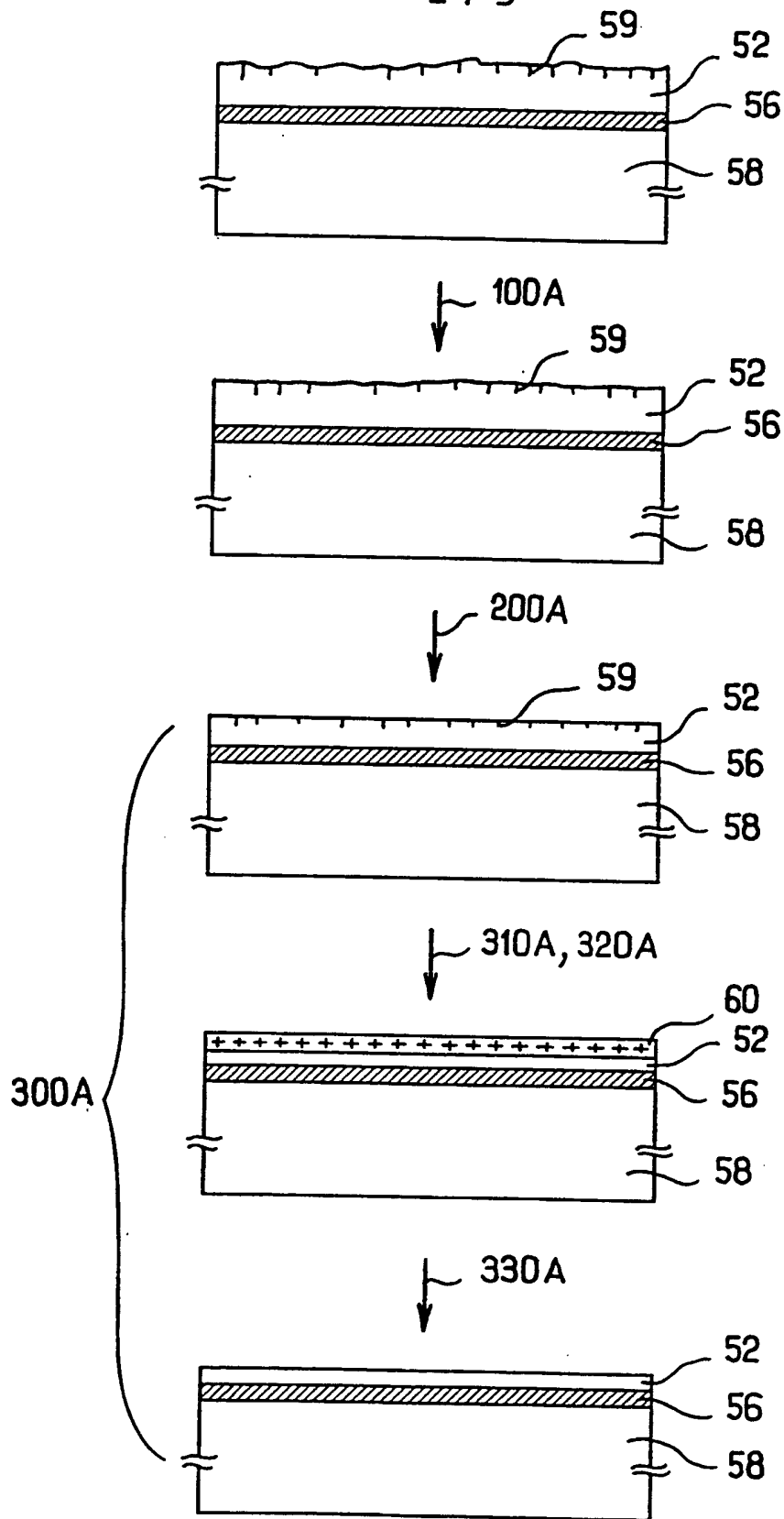


FIG. 3

